

Physique 8 : Le circuit (R, L, C)

Une bobine et un condensateur constituent deux réservoirs d'énergie électrique. Étudions ce qui se passe lorsqu'un condensateur chargé est branché aux bornes d'une bobine.

1. Que se passe-t-il lorsqu'on relie un condensateur chargé et une bobine ?

Un circuit comportant un conducteur ohmique de résistance r' , une bobine d'inductance L et de résistance r , et un condensateur de capacité C associés en série, est appelé **circuit (R, L, C) série**. $R = r + r'$ est la résistance totale du circuit.

1.1 Observation d'oscillations électriques

Étudions l'évolution de la tension aux bornes d'un condensateur chargé, branché aux bornes d'une bobine.

Activité 1

Comment évolue la tension aux bornes d'un condensateur chargé branché aux bornes d'une bobine ?

- Réaliser le montage du **document 1** en adoptant une faible valeur de r' .
 - Charger le condensateur en plaçant le commutateur en position 1.
 - Basculer le commutateur en position 2. La voie Y_1 est reliée au système d'acquisition d'un ordinateur. Réaliser l'acquisition et visualiser la tension u_{AM} .
1. Quelle est la valeur maximale prise par la tension u_{AM} lorsque le commutateur est en position 1 ?
 2. Décrire et interpréter ce que l'on observe sur l'écran de l'ordinateur après avoir basculé le commutateur en position 2.

> Observation

Pour une faible valeur de la résistance $R = r + r'$, nous observons [Doc. 2] des oscillations de la tension électrique aux bornes du condensateur dont l'amplitude décroît : ce sont des **oscillations libres amorties**.

> Interprétation

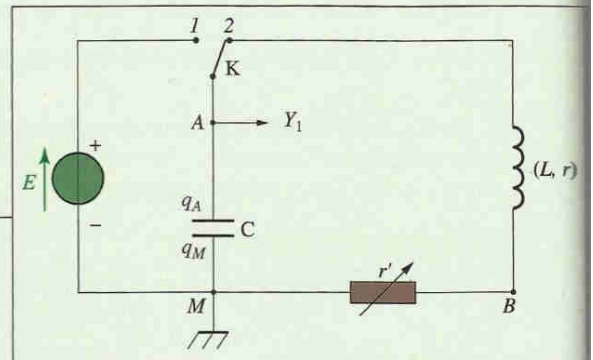
En plaçant le commutateur en position 1, la tension $u_C = u_{AM}$ prend la valeur E . Lorsque le commutateur passe en position 2, le condensateur se décharge dans le conducteur ohmique et la bobine.

La tension u_{AM} est alternativement positive et négative; nous observons la répétition de séquences du type de celle représentée en bleu sur le **document 3**.

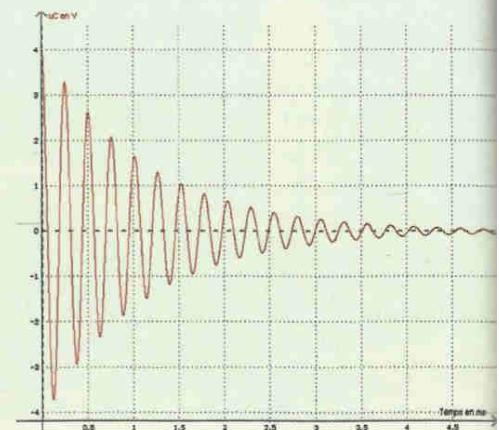
La durée T d'une telle séquence est appelée la **pseudo-période** des oscillations électriques. On utilise le terme pseudo-période, et non celui de période, car l'amplitude de la tension ne reste pas constante.

Pour une faible valeur de la résistance R , un circuit (R, L, C) série, réalisé avec un condensateur initialement chargé, est le siège d'oscillations électriques libres amorties.

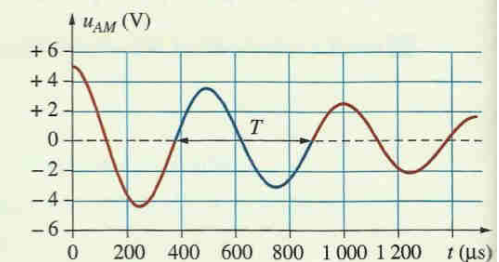
La pseudo-période T est la durée entre deux passages consécutifs par une valeur nulle de la tension, celle-ci variant dans le même sens.



Doc. 1 Montage expérimental permettant d'étudier un circuit (R, L, C) série.



Doc. 2 Oscillations électriques libres amorties.



Doc. 3 La pseudo-période est la durée d'une séquence telle que celle représentée en bleu.

1.2 Étude de l'amortissement des oscillations

Quel est le rôle joué par la résistance d'un circuit (R, L, C) série?

Activité 2

Quelle est l'influence de la valeur de la résistance R du circuit sur les oscillations?

- Reprendre l'expérience de l'activité 1 en attribuant à r' des valeurs de plus en plus grandes.
- Pour chaque nouvelle valeur de r' , et donc de $R = r + r'$, visualiser les oscillations électriques.

1. Quelle est l'influence d'une augmentation de la valeur de la résistance?
2. Qu'observe-t-on pour une très grande valeur de la résistance?
3. La pseudo-période T dépend-elle de R ?

> Observation

Pour de faibles valeurs de R , nous observons des oscillations [Doc. 4] dont l'amplitude décroît progressivement : c'est le **régime pseudo-périodique**.

Lorsque la valeur de R est très faible, proche d'une valeur nulle, les oscillations durent longtemps : l'amortissement est faible [Doc. 5]. La pseudo-période est alors indépendante de R .

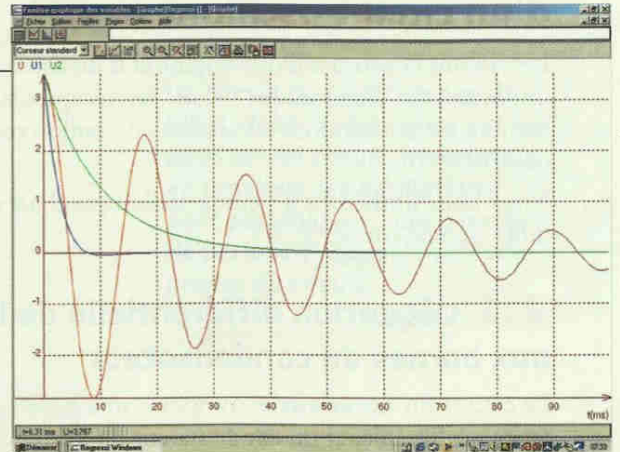
Pour des valeurs élevées de R , les oscillations disparaissent [Doc. 4] : la tension u_{AM} tend lentement vers zéro : c'est le **régime apériodique**.

La valeur de R qui délimite les deux régimes précédents est appelée **résistance critique**, on la note R_C .

Pour $R = R_C$, la tension tend le plus rapidement vers zéro sans oscillations [Doc. 4] : c'est le **régime critique**.

Selon la valeur de la résistance R du circuit (R, L, C), on distingue les régimes pseudo-périodique, critique et apériodique.

Pour des valeurs faibles de la résistance R , la pseudo-période T d'un circuit (R, L, C) ne dépend pas de R .



Doc. 4 Influence de la résistance sur les oscillations :

- courbe rouge : régime pseudo-périodique ;
- courbe verte : apériodique ;
- courbe bleue : régime critique.

Un phénomène périodique se répète, à l'identique, à intervalles de temps consécutifs égaux.

Ici, les séquences consécutives ne sont pas identiques, car l'amplitude diminue : on a un régime pseudo-périodique.

1.3 Étude de la pseudo-période

Activité 3

Qu'observe-t-on lorsqu'on modifie les valeurs de C ou de L ?

Utiliser le montage de l'activité 1 et se placer dans le cas du régime pseudo-périodique.

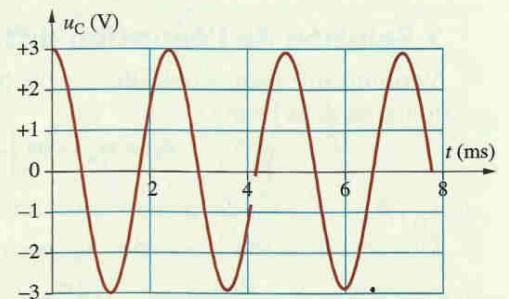
Quelle est l'influence de L et de C sur la pseudo-période?

> Observation

Pour une valeur donnée de la capacité C , la pseudo-période augmente avec la valeur de l'inductance L de la bobine. Pour une valeur donnée de l'inductance L , la pseudo-période augmente avec la capacité C du condensateur.

La pseudo-période T d'un circuit (R, L, C) augmente avec la capacité C et avec l'inductance L .

> Pour s'entraîner : Ex. 2 et 3



Doc. 5 Les oscillations d'un circuit (R, L, C) de très faible résistance, sont quasi périodiques, l'amplitude diminue très faiblement à chaque oscillation.

2. Quelle loi décrit l'évolution temporelle d'un circuit oscillant (L, C)?

Les circuits constitués d'une bobine et d'un condensateur jouent un rôle très important en électronique : dans les récepteurs radiophoniques, ils permettent de sélectionner les stations de radio (voir l'activité préparatoire A, page 179).

Nous nous limiterons à l'étude analytique d'un circuit idéal, de résistance nulle, appelé circuit (L, C).

2.1 L'équation différentielle de la tension aux bornes du condensateur

Le circuit du **document 6** comporte une bobine d'inductance L , de résistance négligeable, et un condensateur de capacité C .

À chaque instant : $u_{AB} + u_{BD} + u_{DA} = 0$; $u_{BD} = 0$.

Notons : $u_{AB} = u_C$ et $u_{DA} = u_L = L \cdot \frac{di}{dt}$.

Nous avons donc : $u_C + L \cdot \frac{di}{dt} = 0$ (1).

Exprimons $\frac{di}{dt}$ en fonction de u_C .

Notons $q = q_A$; $q = C \cdot u_C$ et $i = \frac{dq}{dt} = C \cdot \frac{du_C}{dt}$.

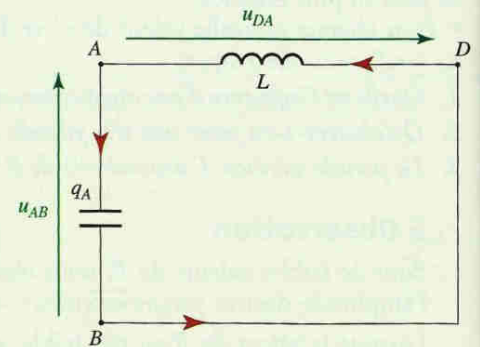
D'où $\frac{di}{dt} = C \cdot \frac{d^2 u_C}{dt^2}$ que l'on peut écrire $\frac{di}{dt} = C \cdot \ddot{u}_C$.

La relation (1) devient :

$$u_C + L \cdot C \cdot \ddot{u}_C = 0 \text{ ou } \ddot{u}_C + \frac{1}{L \cdot C} \cdot u_C = 0.$$

Durant les oscillations électriques libres non amorties d'un circuit (L, C), la tension aux bornes du condensateur obéit à l'équation différentielle :

$$\ddot{u}_C + \frac{1}{L \cdot C} \cdot u_C = 0.$$



Doc. 6 Circuit (L, C) série.

Notations des dérivées par rapport au temps

$$\frac{du_C}{dt} = \dot{u}_C ;$$

$$\frac{d^2 u_C}{dt^2} = \ddot{u}_C.$$

2.2 Évolution temporelle de la tension u_C

> Solution de l'équation différentielle

Vérifions que l'équation différentielle précédente admet pour solution une fonction de la forme :

$$u_C = u_m \cdot \cos \left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \phi_0 \right)$$

u_m , ϕ_0 et T_0 sont des paramètres constants ne dépendant pas du temps.

Dérivons deux fois la fonction u_C par rapport au temps :

$$\frac{du_C}{dt} = \dot{u}_C = -\frac{2\pi}{T_0} \cdot u_m \cdot \sin \left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \phi_0 \right)$$

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{du_C}{dt} \right) = \frac{d^2 u_C}{dt^2} = \ddot{u}_C.$$

Rappels mathématiques

a étant une constante, si $f(x) = \cos ax$:

$$\frac{df}{dx} = f'(x) = -a \cdot \sin ax.$$

$$\frac{d^2 f}{dx^2} = f''(x) = -a^2 \cdot \cos ax.$$

$$\ddot{u}_C = -\left(\frac{2\pi}{T_0}\right)^2 \cdot u_m \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \phi_0\right) = -\frac{4\pi^2}{T_0^2} \cdot u_C.$$

Substituons cette expression de $\ddot{u}_C$ dans l'équation différentielle :

$$\ddot{u}_C + \frac{1}{L \cdot C} \cdot u_C = 0 \text{ donne : } \left(-\frac{4\pi^2}{T_0^2} + \frac{1}{L \cdot C}\right) \cdot u_C = 0.$$

Cette relation étant vérifiée quel que soit u_C :

$$\frac{4\pi^2}{T_0^2} = \frac{1}{L \cdot C};$$

soit : $T_0 = 2\pi \sqrt{L \cdot C}.$

Un circuit (L, C) est un circuit idéal, dont la résistance est nulle. Dans un tel circuit, irréalisable en pratique, les oscillations sont périodiques, non amorties, de période T_0 appelée période propre du circuit.

La fonction $u_C(t) = u_m \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \phi_0\right)$, avec $T_0 = 2\pi \sqrt{L \cdot C}$, est solution de l'équation différentielle $\ddot{u}_C + \frac{1}{L \cdot C} \cdot u_C = 0$.

T_0 , période propre des oscillations, ne dépend que de L et de C . u_m et ϕ_0 sont des constantes qui ne dépendent que des conditions initiales portant sur la tension $u_C(0)$ et l'intensité $i(0)$ du courant à l'instant $t = 0$.

La relation $T_0 = 2\pi \sqrt{L \cdot C}$, est appelée *formule de THOMSON* (voir l'activité préparatoire B, page 179).

Nous pouvons faire varier T_0 en modifiant les valeurs de L ou de C . C'est sur ce principe qu'il est possible de sélectionner les stations radiophoniques sur les récepteurs (voir l'activité préparatoire A, page 179).

> Cohérence des unités

Vérifions que $\sqrt{L \cdot C}$ s'exprime, comme T_0 , en seconde.

À partir de la relation $u_L = L \cdot \frac{di}{dt}$, on note que L s'exprime en $V \cdot s \cdot A^{-1}$.

D'autre part, on a $q = C \cdot u_C$ où q s'exprime en coulomb (C) ou en $A \cdot s$ et la capacité C en $A \cdot s \cdot V^{-1}$.

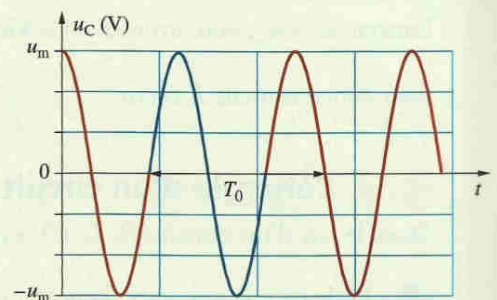
Donc le produit $L \cdot C$ s'exprime en $V \cdot s \cdot A^{-1} \cdot A \cdot s \cdot V^{-1}$, c'est-à-dire en s^2 . $\sqrt{L \cdot C}$ s'exprime donc en seconde, comme la période T_0 .

> Signification de u_m et ϕ_0

- La tension u_C varie entre $-u_m$ et $+u_m$; u_m , valeur maximale de la tension, est l'**amplitude**.

- La phase est la quantité $\phi = \frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \phi_0$. À l'origine des temps (instant $t = 0$), la phase prend la valeur ϕ_0 ; ϕ_0 est appelée la **phase à l'origine des dates**.

- Pour déterminer les valeurs de u_m et ϕ_0 , on exprime les valeurs de u_C et de $i = \frac{dq}{dt} = C \cdot \frac{du_C}{dt}$ à l'instant $t = 0$, soit $u_C(0)$ et $i(0)$ qui sont appelées conditions initiales (voir le **document 7** et l'exercice résolu 1, page 191).



Doc. 7 Les oscillations électriques d'un circuit (L, C) sont sinusoïdales. La période propre est la durée d'une séquence telle que celle représentée en bleu. Pour ce graphique :

$$u_C(t) = u_m \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t\right) \text{ car à } t = 0, u_C(0) = u_m.$$

2.3 Évolutions de la charge q et de l'intensité i

À partir de l'équation $u_C = u_m \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \phi_0\right)$, nous obtenons [Doc. 8] :

– l'expression de la charge du condensateur $q = C \cdot u_C$,

$$q = q_m \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \phi_0\right), \text{ avec } q_m = C \cdot u_m ;$$

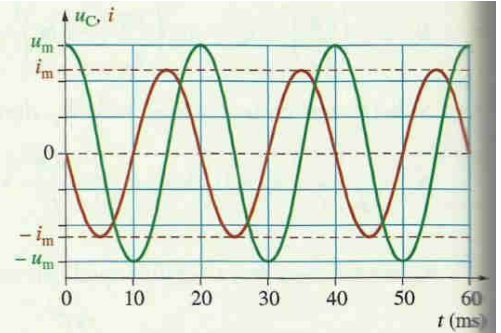
– l'expression de l'intensité i du courant : $i = \frac{dq}{dt}$,

$$i = -q_m \cdot \frac{2\pi}{T_0} \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \phi_0\right) = i_m \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \phi_0\right)$$

$$= i_m \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \phi_0 + \frac{\pi}{2}\right),$$

$$\text{avec } i_m = q_m \cdot \frac{2\pi}{T_0} = C \cdot u_m \cdot \frac{2\pi}{T_0}.$$

> Pour s'entraîner : Ex. 5 et 6



Doc. 8 Représentation de la tension u_C aux bornes du condensateur et de l'intensité i du courant :

- $u_C(t) = u_m \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t\right)$;
- $i = i_m \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \frac{\pi}{2}\right)$.

3. Comment s'effectuent les échanges d'énergie dans un circuit oscillant ?

Dans les chapitres précédents, nous avons vu que le condensateur peut stocker de l'énergie électrique E_e et que la bobine peut stocker de l'énergie magnétique E_m .

Que se passe-t-il du point de vue énergétique lorsqu'on connecte un condensateur chargé à une bobine ?

3.1 L'énergie d'un circuit (L, C) série

L'énergie d'un circuit (L, C) idéal, circuit oscillant non amorti, est à chaque instant la somme des énergies électrique et magnétique emmagasinées dans le condensateur et dans la bobine :

$$E = E_e + E_m = \frac{1}{2} \cdot C \cdot u^2 + \frac{1}{2} \cdot L \cdot i^2.$$

Le document 9 montre l'évolution au cours du temps des énergies E_e et E_m . Nous constatons que $E = E_e + E_m$ est constante dans le cas d'un circuit (L, C) idéal.

Lorsque $u_C = u_m$, nous avons $i = 0$ et lorsque $u_C = 0$, $i = i_m$,

donc l'énergie totale E s'écrit :
$$E = \frac{1}{2} \cdot C \cdot u_m^2 = \frac{1}{2} \cdot L \cdot i_m^2.$$

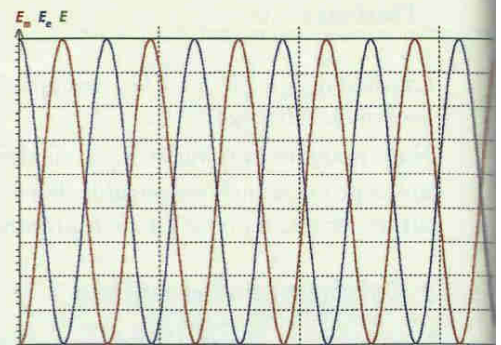
3.2 L'énergie d'un circuit (R, L, C) série

Dans le cas d'un circuit (R, L, C) série, il y a dissipation d'énergie par

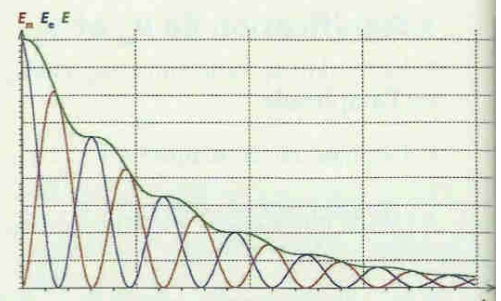
effet Joule dans la résistance. L'énergie $E = E_e + E_m = \frac{1}{2} \cdot C \cdot u_C^2 + \frac{1}{2} \cdot L \cdot i^2$

n'est plus constante, elle diminue au cours du temps [Doc. 10].

Dans un circuit (R, L, C), l'amortissement des oscillations est dû à une perte d'énergie par effet Joule.



Doc. 9 Évolution, au cours du temps, des énergies électrique E_e (courbe bleue) et magnétique E_m (courbe rouge), ainsi que l'énergie totale E (courbe verte) dans un circuit (L, C) série.



Doc. 10 Évolution, au cours du temps, des énergies électrique E_e (courbe bleue) et magnétique E_m (courbe rouge), ainsi que l'énergie totale E (courbe verte) dans un circuit (R, L, C) série.

Exercice d'entraînement

Le **document 10** présente l'évolution des énergies E_e (courbe bleue), E_m (courbe rouge) et $E = E_e + E_m$ (courbe verte).

1. Que représente le coefficient directeur de la tangente en un point de la courbe verte ? En quelle unité se mesure-t-il ?
2. Comparer les pentes de ces tangentes en un point coïncidant avec un sommet de la courbe rouge et en un point coïncidant avec un sommet de la courbe bleue. Expliquer la différence constatée.

> Pour s'entraîner : Ex. 11

4. Comment peut-on entretenir des oscillations non amorties ?

Les oscillations d'un circuit comportant une bobine et un condensateur sont toujours amorties, car le circuit possède toujours une résistance (bobine, fils de connexion). Il en résulte des pertes d'énergie par effet Joule qui doivent être compensées si on veut entretenir les oscillations.

Activité 4

Comment obtenir des oscillations auto-entretenues ?

- Réaliser une association en série d'un condensateur et d'une bobine.
- Brancher le dipôle (R, L, C) aux bornes A et M d'un module électronique possédant une alimentation propre **[doc. 11]**. On note $R = r + r'$.
- Visualiser, avec un ordinateur, la tension u_C aux bornes du condensateur.
- Ajuster la valeur de R_0 , résistance de réglage du module électronique, pour obtenir des oscillations d'allure sinusoïdale.

1. Qu'observe-t-on lorsque la valeur de R_0 est trop faible ?
2. Comparer la valeur de la période des oscillations obtenues à la période propre T_0 d'un circuit (L, C) (L, R et C sont connues).

> Observation

Pour de faibles valeurs de R_0 , nous n'observons aucune oscillation.

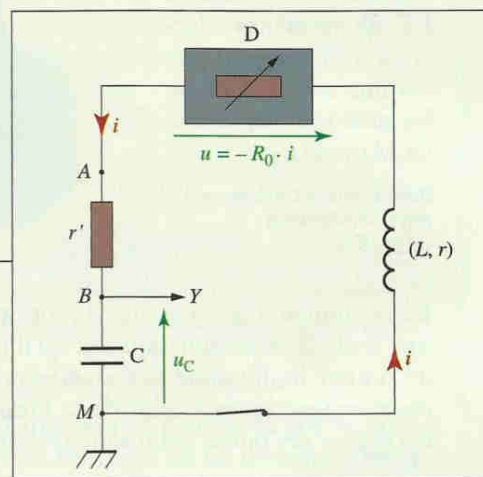
En augmentant la valeur de R_0 , pour une valeur particulière, des oscillations prennent naissance **[doc. 12]**. Ces oscillations, d'allure sinusoïdale, ont une période égale à la période propre $T_0 = 2\pi \sqrt{L \cdot C}$ du circuit (L, C) .

> Interprétation

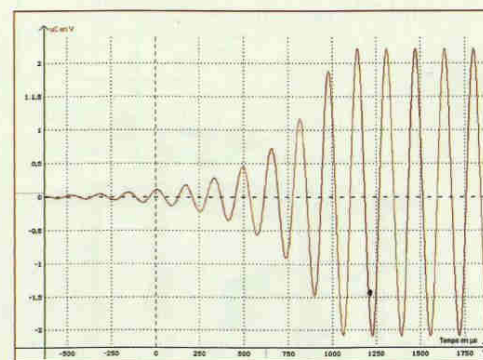
Le dipôle (R, L, C) puise périodiquement, à sa propre fréquence, de l'énergie dans le module électronique pour compenser les pertes dues à l'effet Joule. Le module fournit l'énergie pour l'entretien des oscillations.

Les oscillations d'un circuit (R, L, C) série peuvent être entretenues par un module électronique qui compense les pertes d'énergie par effet Joule.

> Pour s'entraîner : Ex. 12



Doc. 11 Dipôle (R, L, C) branché au module électronique qui compense les pertes par effet Joule. L'alimentation du module n'est pas représentée.



Doc. 12 Mise en oscillations entretenues d'un circuit (R, L, C) .

Exercices du chapitre Physique 8 : Le circuit (R, L, C)

Applications directes

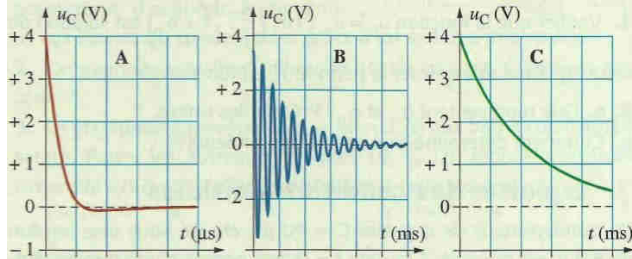
Réaliser l'étude expérimentale d'un circuit (R, L, C)

(§ 1 du cours)

3. Repérer les différents régimes d'un circuit (R, L, C)



On a représenté la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur de trois circuits (R, L, C) différents. Ces circuits possèdent des condensateurs de même capacité. Les résistances des conducteurs ohmiques sont 10 Ω , 1000 Ω et 10000 Ω .



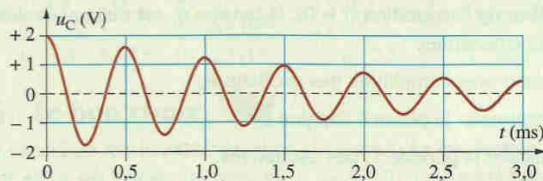
Attribuer à chaque graphique (A, B, C) la valeur de la résistance correspondante.

Réaliser l'étude analytique d'un circuit oscillant (L, C)

(§ 2 du cours)

4. Mesurer une pseudo-période

Le graphique ci-dessous représente l'évolution au cours du temps de la tension aux bornes du condensateur d'un circuit (R, L, C).



- Déterminer la pseudo-période des oscillations.
- La capacité du condensateur est 1,0 mF. En déduire l'inductance de la bobine. On admet que la pseudo-période T est proche de la période propre T_0 d'un dipôle (L, C).

5. Écrire une équation différentielle



On considère le circuit (L, C) ci-contre.

- Reproduire le schéma et flécher les tensions u_C et u_L en convention récepteur.

- Exprimer :

- la tension u_L en fonction de l'intensité i du courant ;
- l'intensité i du courant en fonction de la charge q de l'armature A ;
- la charge q en fonction de u_C ;
- la tension u_L en fonction de u_C .

- Écrire une relation entre les tensions u_L et u_C .

- Établir l'équation différentielle qui décrit l'évolution, au cours du temps, de la tension u_C aux bornes du condensateur.

- En déduire l'équation différentielle qui décrit l'évolution, au cours du temps, de la charge q du condensateur.

6. Vérifier la solution d'une équation différentielle

La tension u_C aux bornes du condensateur d'un circuit (L, C) obéit à l'équation différentielle $\ddot{u}_C + \frac{1}{L \cdot C} \cdot u_C = 0$.

- Vérifier que la fonction $u_C = u_m \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \phi_0\right)$ est solution de cette équation et exprimer la période T_0 en fonction de L et C.

- Que représentent u_m et ϕ_0 ? Préciser les unités.
- Comment détermine-t-on ces deux grandeurs ?

7. Exploiter des conditions initiales

Un condensateur de capacité $C = 10 \mu\text{F}$, chargé sous une tension de 8,0 V, est branché, à la date $t = 0$, aux bornes d'une bobine d'inductance $L = 40 \text{ mH}$, de résistance négligeable.

La tension u_C aux bornes du condensateur d'un circuit (L, C) obéit à l'équation différentielle :

$$\ddot{u}_C + \frac{1}{L \cdot C} \cdot u_C = 0$$

de solution générale :

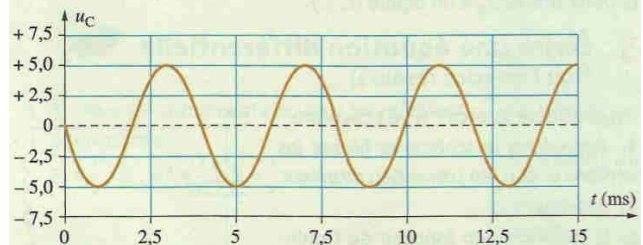
$$u_C = u_m \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \phi_0\right).$$

Un dispositif d'acquisition transmet les valeurs de u_C à un ordinateur qui en donne la représentation graphique.

Au début de l'acquisition ($t = 0$), la tension u_C est nulle et évolue en valeurs croissantes.

- Déterminer l'amplitude des oscillations.
- Déterminer la phase à l'origine ϕ_0 .
- Calculer la période T_0 des oscillations.
- Donner l'allure de la courbe obtenue sur l'écran de l'ordinateur.

8. Exprimer la tension u_C en fonction du temps



Le graphique ci-dessus présente l'évolution de la tension u_C aux bornes du condensateur d'un circuit (L, C) et telle que :

$$u_C = u_m \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \phi_0\right).$$

Déterminer les valeurs numériques des constantes T_0 , u_m et ϕ_0 .

Calculer l'énergie d'un circuit oscillant

(§ 3 du cours)

10. Calculer des énergies

(voir l'exercice résolu 2)

Un condensateur de capacité $C = 330 \text{ nF}$ initialement chargé sous une tension $u_C = 6,0 \text{ V}$, est branché aux bornes d'une bobine d'inductance L et de résistance r.

- Quelle est l'énergie initiale du circuit ?
- À l'issue d'une durée d'oscillations $t = 3 T$ (T est la pseudo-période du dipôle (R, L, C)), le circuit a perdu le quart de son énergie initiale et toute l'énergie est emmagasinée dans le condensateur.
 - Comment expliquer la perte d'énergie ?
 - Quelle est la tension aux bornes du condensateur ?

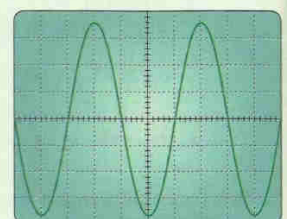
Étudier les oscillations entretenues

(§ 4 du cours)

12. Calculer une période propre

- Comment réaliser un circuit oscillant, non amorti, à partir d'un dipôle (R, L, C) ? Schématiser le circuit.

- L'oscillogramme ci-contre montre l'évolution au cours du temps de la tension aux bornes du condensateur.



- Quelle est la valeur de la période propre T_0 des oscillations ?
- En déduire la valeur de l'inductance de la bobine.

Données : $C = 220 \text{ nF}$.

Sensibilité verticale : 1 V/DIV. Sensibilité horizontale : 0,1 ms/DIV.

Utilisation des acquis

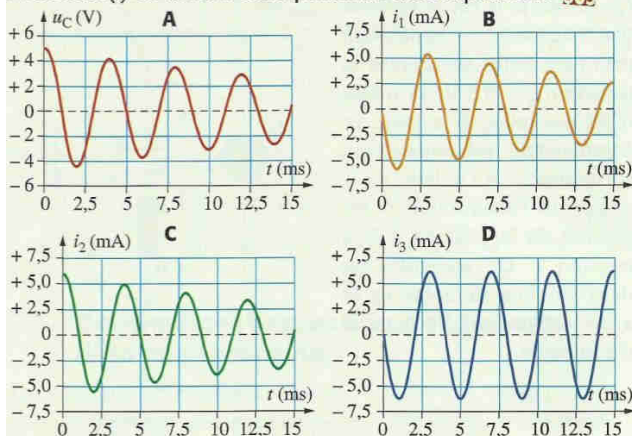
14. Quel graphique choisir?

On réalise le montage schématisé ci-contre dans lequel le condensateur est initialement chargé ($u_C > 0$).

1. Représenter les branchements permettant d'acquérir la tension u_C aux bornes du condensateur grâce à un système informatisé.

2. On souhaite visualiser l'intensité $i(t)$ du courant. Comment procéder?

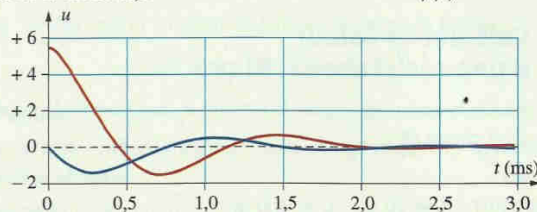
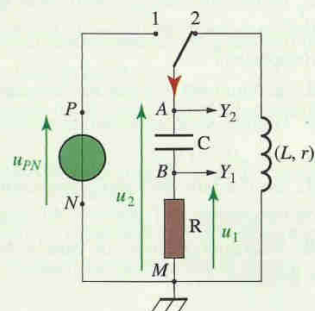
3. Le graphique A représente la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur. Parmi les autres graphiques (B, C, D), lequel représente l'intensité $i(t)$ du courant correspondant à cette expérience? **SOS**



15. Le bon choix

On considère le circuit schématisé ci-dessous. Le générateur maintient entre ses bornes la tension $u_{PN} = 5,5$ V. Le commutateur est initialement en position 1. À l'instant $t = 0$, début de l'acquisition, le commutateur est déplacé de la position 1 à la position 2. On enregistre les tensions u_1 et u_2 sur les voies Y_1 et Y_2 .

À partir des tensions enregistrées, on trace le graphique donnant l'évolution en fonction du temps de la tension u_R aux bornes de la résistance (convention récepteur), puis, après calculs, le graphique donnant l'évolution en fonction du temps de la tension u_C aux bornes du condensateur (convention récepteur) (voir les courbes ci-dessous).



1. Comment nomme-t-on ce type de décharge du condensateur?

2. a. Comment, à partir des tensions enregistrées, u_1 et u_2 , obtient-on la tension u_C ?

b. Lequel, des graphiques ci-dessus, représente u_C ? Justifier.

3. a. Laquelle des tensions représentées indique le mode d'évolution de l'intensité i du courant?

b. Durant les premières 200 μ s, quel est le signe de l'intensité i du courant? Quel est le sens du courant?

4. a. Donner une valeur approchée de la pseudo-période.

b. La résistance de ce circuit est-elle négligeable? Justifier la réponse.

17. Calculer la valeur d'une résistance critique

Le graphique ci-après représente la tension u_C aux bornes du condensateur d'un circuit (R, L, C).

Données :

$L = 6,80$ mH ; $R = 50 \Omega$; $C = 10,0$ nF.

1. L'augmentation de la résistance du circuit a-t-elle une influence sur l'amortissement des oscillations?

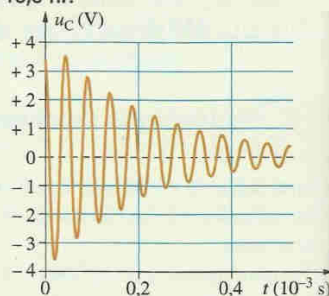
2. Définir un régime apériodique.

3. Lorsque la résistance est égale à $R_C = 2 \cdot \sqrt{\frac{L}{C}}$, le régime est critique.

a. Par une analyse dimensionnelle, vérifier que l'expression $2 \cdot \sqrt{\frac{L}{C}}$ s'exprime en ohm.

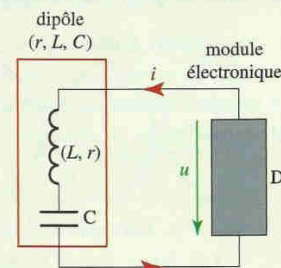
b. Calculer la valeur de R_C .

c. Donner l'allure du graphique montrant les variations de la tension u_C en fonction du temps, dans le cas du régime critique.



22. Déterminer l'expression de la charge d'un condensateur

Le montage schématisé ci-contre permet d'obtenir des oscillations non amorties aux bornes du condensateur d'un circuit (r, L, C). La tension aux bornes du module électronique D est $u = -r \cdot i$.



1. a. Le circuit représenté ci-contre peut être schématisé très simplement. Le représenter. On considérera ce schéma par la suite.

b. Flécher la tension u_C aux bornes du condensateur et la tension u_L aux bornes de la bobine en convention récepteur.

2. On se propose d'établir l'expression de la charge du condensateur $q = C \cdot u_C$ en fonction du temps.

a. Quelle est la relation entre l'intensité i du courant dans le circuit et la charge q ?

b. Exprimer la tension u_L en fonction de l'intensité i , puis la charge q .

c. Écrire l'équation différentielle régissant l'évolution de la charge q au cours du temps.

3. a. Vérifier que la solution de l'équation est de la forme :

$$q(t) = q_m \cdot \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \phi_0\right).$$

b. Exprimer T_0 .

c. À $t = 0$, le condensateur porte une charge négative $-q_0$, maximale en valeur absolue.

Déterminer q_m et ϕ_0 . **SOS**

23. Étudier les énergies lors d'oscillations entretenues

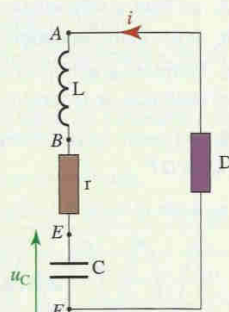
On réalise le montage schématisé ci-contre. Le dipôle D permet d'éviter l'amortissement des oscillations.

1. Quelle est la cause de l'amortissement des oscillations dans un circuit (L, r, C) ?

2. Un ordinateur relié au montage par l'intermédiaire d'un système d'acquisition a permis de visualiser les variations :

- de la tension u_C aux bornes du condensateur de capacité $C = 330 \mu$ F ;
- de l'intensité $i(t)$ du courant dans le circuit.

On a pour cela programmé le début de l'acquisition lorsque la tension u_C est maximale, égale à 6 V.



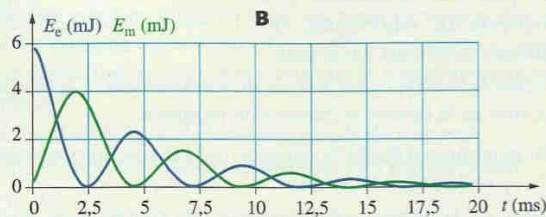
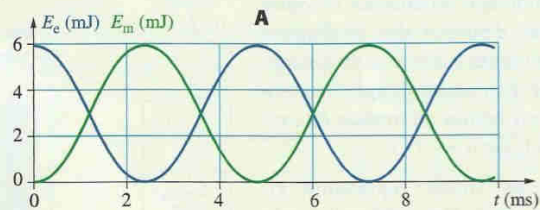
a. Représenter les branchements permettant d'enregistrer la tension u_C .

b. Le système d'acquisition ne permet d'enregistrer que des tensions; il est donc impossible d'obtenir directement l'intensité i du courant. Indiquer comment procéder (branchements et calculs).

3. On visualise les énergies E_e emmagasinée dans le condensateur et E_m localisée dans la bobine.

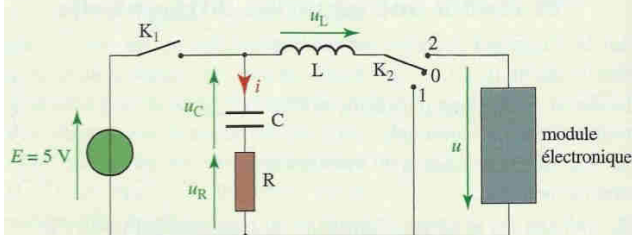
a. Quelles sont les expressions de ces deux énergies E_e et E_m ?

b. Parmi les graphiques suivants (A, B), lequel est possible?



25. Utiliser un dispositif permettant d'entretenir les oscillations

On réalise le montage schématisé ci-dessous.



1. Le commutateur K_2 est en position 0. On ferme l'interrupteur K_1 . Le graphique A représente la tension aux bornes du condensateur en fonction du temps.



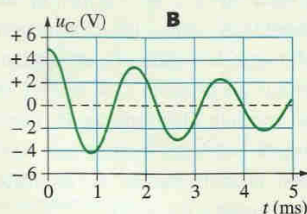
a. Déterminer graphiquement la constante de temps du dipôle (R, C).

b. Sachant que la résistance du conducteur ohmique est $R = 200 \, \Omega$, en déduire la capacité du condensateur.

2. L'interrupteur K_1 est maintenant ouvert.

Le commutateur K_2 est en position 1.

a. Le graphique B représente l'évolution de la tension u_C aux bornes du condensateur.



La tension initiale $u_C(0)$ figurant sur le graphique B est-elle en accord avec les informations données par le graphique A?

b. Quel est le composant responsable de l'amortissement des oscillations, la résistance de la bobine étant négligeable?

c. Déterminer graphiquement la pseudo-période T .

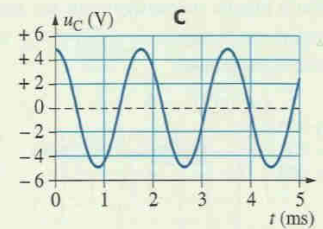
d. La valeur de T est pratiquement égale à la période propre d'un circuit (L, C).

Déterminer la valeur de l'inductance de la bobine.

3. On place le commutateur K_2 en position 2.

On ferme l'interrupteur K_1 pour charger de nouveau le condensateur.

Le condensateur chargé, l'interrupteur K_1 est ouvert et le commutateur K_2 est placé en position 2 à un instant choisi comme nouvelle origine des dates.

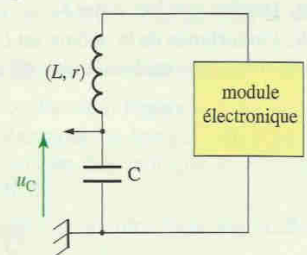


a. Écrire une relation entre les tensions u_C , u_L , u_R et u . On souhaite que les oscillations de la tension u_C soient non amorties. En déduire la valeur de la tension u imposée par le module électronique pour qu'il en soit ainsi.

b. Le graphique C correspondant à l'évolution de la tension u_C est-il correct? Justifier la réponse.

26. Établir l'expression d'une tension en fonction du temps

On se propose de réaliser l'acquisition de la tension u_C aux bornes du condensateur d'un dipôle (L, C) relié à un module électronique permettant d'éviter l'amortissement des oscillations (voir le schéma ci-contre).



A. Première partie

Un élève réalise l'acquisition suivante.

1. Déterminer graphiquement :

a. la période T_0 de cette tension;

b. l'amplitude u_m de cette tension.

2. Quelle est la valeur de la tension u_C à la date $t = 0$?

3. L'expression de la tension u_C en fonction du temps est :

$$u_C = u_m \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \phi_0\right).$$

a. En utilisant les valeurs numériques déterminées précédemment, calculer ϕ_0 .

b. Écrire l'expression de la tension u_C .

B. Seconde partie

Un deuxième élève réalise l'acquisition suivante à partir du même montage.

1. La période et l'amplitude ont-elles été modifiées?

2. Quelle est la valeur de la tension u_C à la date $t = 0$?

3. En utilisant les valeurs numériques déterminées précédemment, calculer ϕ_0 .

4. Conclure en écrivant l'expression de la tension u_C .

